

Seminario de la Cátedra de Ciencia, Tecnología y Religión

COMPUTACIÓN Y NEUROLOGIA: ¿ES EL HOMBRE UN ORDENADOR?

***Crónica de la segunda sesión básica
(15 de febrero de 2007)***

***Prof. Antonio Crespo, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).
Prof. David Travieso, Universidad Autónoma de Madrid.***

La psicología cognitiva es la parte de la psicología que maneja los supuestos del ordenador serial para estudiar el psiquismo. Tradicionalmente, se ha ocupado del estudio de la mente. Complementariamente, disciplinas como la filosofía de la mente, la lingüística o la inteligencia artificial han abordado su estudio. Las deficiencias en la explicación de estos modelos produce la creación de nuevas explicaciones, que han sido expuestas en la conferencia.

El Prof. Crespo comenzó su exposición realizando un recorrido histórico por las diversas corrientes epistemológicas que han tratado el problema del psiquismo. A finales del XIX, imperaba el paradigma conductista. Tras su fracaso los psicólogos se quedaron huérfanos y tuvieron que hacer uso de los conocimientos de las ciencias de la computación creadas por Alan Turing durante la II Guerra Mundial. En ellas se basan disciplinas teóricas computacionales que abordan el problema de la mente como a partir de un sistema conexionista de redes neuronales.

A finales del XIX los estudios cognitivos estaban dominados por el paradigma empirista-asociacionista. Analizaban la mente a partir de los fenómenos de conciencia. La percepción era estudiada a partir del conjunto de sensaciones que producían. Se utilizaban la metodología introspectiva que buscaba describir sus propias vivencias. El funcionalismo surgió para reaccionar a esta corriente. Consideraron la mente como una unidad que sirve para adaptar el organismo al medio. El hecho más reseñable es la fundación del primer laboratorio de psicología experimental por Wilhem Wundt. Hasta entonces, se pretendía realizar un análisis del individuo desde su interior aplicando una metodología no científica, la introspección. La psicología funcional empezó a usar tests mentales más próximos a la ciencia.

En 1913 se produjo una gran revolución. John Watson escribía un artículo que rompía con la introspección. En *Psychology as the Behaviorist Views it* propuso el tránsito del estudio subjetivo de la mente a la predicción de la conducta objetiva; es decir, a lo que se hace y dice. De esta manera el psicólogo introduce el método científico en las ciencias de la mente. Para ello, la psicología objetiva debe recurrir a los hechos observables de la conducta. El behaviorismo perduró como línea básica de investigación hasta mediados de siglo. Aún hoy se sigue usando.

El conductismo mantiene los principios asociacionistas de las corrientes anteriores. Parte del principio que presupone un tronco común para todas las especies. En consecuencia, debe existir un conjunto de leyes de la conducta que sean universales,

esto es, válido para todos los organismos. Esta corriente psicológica aplica el mecanicismo de la física, aún dominante en los comienzos del siglo XX. No existe una diferencia cualitativa en las formas de conductas. Estas varían en cantidad pero no en cualidad. Todos los animales se comportan de acuerdo a leyes de causa-efecto, incluso el ser humano. Lo que compete al psicólogo es estudiar los cambios ambientales que producen los estímulos y ver cómo influyen en las respuestas de los organismos. Toda conducta se explica de acuerdo a un modelo dinámico y lineal de causas y efectos. Se trata del modelo de la central telefónica. La mente, según Skinner, se entiende como una caja negra que opera y establece las conexiones pertinentes. El organismo, en sí mismo, carece de capacidad autónoma para procesar conscientemente la información. Pavlov descubrió que existen estímulos neutros que causan las mismas respuestas que uno natural si se halla adecuadamente asociado a éste. Todos recordamos el caso de los perros que salivan al escuchar el sonido de una campana, tras haberlos estado alimentando previamente después de producir el mismo ruido. La sola campana produce una respuesta fisiológica en el perro, comienza a salivar; aunque el estímulo no fuera natural, sino asociado a un estímulo previo a la comida. Se trata de un reflejo condicionado.

En los años cincuenta, experimentos que estudian la conducta animal mostraron las limitaciones de la teoría conductista. Al encerrar, por ejemplo, ratas en laberintos, las conductas previstas sólo eran realizadas en ciertas ocasiones. No siempre se cumplían las supuestas leyes universales de estímulo-respuesta. Si la rata está saciada no sigue la pista del queso en el laberinto. Clark Hull mejoró el modelo de estímulo-respuesta de Skinner, introduciendo variables intermedias relacionadas con el organismo. Edward Tolman, un conductista moderado, construyó un modelo del comportamiento clásico inspirado en la electroquímica. Explicó mediante un circuito con resistencias y condensadores el comportamiento de salivación de los perros de Pavlov.

En esta primera etapa de la psicología, el conductismo aportó objetividad a las ciencias de la mente. Se centró fundamentalmente en los procesos de aprendizaje, que repercutieron en los procesos clínicos. En cambio, fracasó al intentar describir el comportamiento psicológico desde el esquema lineal de estímulo-respuesta. Redujo los procesos cognitivos a simples cadenas de eventos asociados, aplicando métodos mecanicistas.

La psicología se mantenía en ascuas a la espera de un sistema epistemológico. La creación de los sistemas teóricos de computación de Alan Turing supuso un nuevo aliciente para explicar la mente. La psicología incorporó las ideas de los computacionalistas hasta llegar a entender la mente como un sistema de computación. Se trata de la metáfora de la mente computacional.

Alan Turing es el padre de la computación del siglo XX. Se basó en las ideas decimonónicas de Babbage y sistemas de cómputo basados en ruedas dentadas y engranajes. Recogió ideas de sus antecesores y propuso que determinados problemas matemáticos podrían ser resueltos mediante algoritmos. Estas ideas las formalizó en axiomas relacionados con la denominada *máquina de Turing*, un concepto computacional que él mismo ideó, donde una cinta codificada de longitud ilimitada es arrastrada por un tambor e interpretada por un sistema de lectura que lee el código de

ceros y unos almacenado en ella. Fue uno de los primeros precursores de los ordenadores, aunque su máquina no llegó a existir.

Turing participó en el proyecto ULTRA, orientado a descifrar los mensajes alemanes codificados con la máquina ENIGMA. Los aliados se hicieron con una de estas máquinas y Turing logró descifrar el código con ayuda de su equipo. Sus conocimientos sobre computación le permitieron diferenciar los conceptos hardware y software, así como realizar un modelo del funcionamiento del cerebro según el esquema computacional. Turing tuvo contacto con otro genio de las bases de la computación: John von Neumann.

Al otro lado del Atlántico, von Newman participaba en el proyecto ENIAC de los EE.UU. Los americanos desarrollaron ENIAC con el deseo inicial de poder calcular tablas de balística para su ejército. Hasta entonces, los laboriosos cálculos eran encomendados a jóvenes matemáticos. Finalmente, ENIAC acabó usándose para simulaciones sobre bombas atómicas. ENIAC era un sistema informático que ocupaba toda una habitación entera. Contenía 17000 tubos de vacío, 700 diodos, 1500 conmutadores y más de mil condensadores. Todo un grueso de treinta toneladas con una capacidad de cómputo de 5000 sumas por segundo. ENIAC no distinguía entre software y hardware. La programación resultaba muy costosa, pues consistía en modificaciones en las clavijas, resortes y demás del cableado.

Von Neumann se interesó por los trabajos de Turing y buscó diferenciar claramente el hardware del software de ENIAC. En síntesis, se propuso dejar el CPU y extraer una memoria de instrucción que simplificara la programación. Esta estructura es básicamente la existente en los sistemas informáticos de la actualidad. Los ordenadores personales son la realización física de las teóricas máquinas de Turing, es decir, sistemas seriales basados en el mecanismo de von Neumann.

Inicialmente la psicología rehusó adoptar esta estructura en sus modelos de la mente. Poco a poco, fue incorporando el lenguaje y las ideas de la computación. En consecuencia, aparecieron nuevos trabajos sobre la mente que consideraban al hombre como un ordenador. Los trabajos de Bruner y Austin distanciaron a una parte de la psicología del modelo computacional, afirmando que el hombre es un ser esencialmente activo, irreducible integralmente a un sistema informático. En esta línea los trabajos de Chomsky sobre la estructura sintáctica del lenguaje humano demolieron los supuestos computacional-conductistas de adquisición del lenguaje.

Los estados mentales pueden ser sólo parcialmente entendibles en la metáfora del ordenador. Constan de símbolos y disponen de un ejecutivo central que manipula activamente los datos. Ya no se trata de la pasividad conductista computacional. El hombre posee una riqueza de procesos cognitivos, descritos por la psicología cognitiva, que no pueden reproducirse computacionalmente. La metáfora del ordenador se fundamenta en una analogía funcional no física. La mente no se diseña siguiendo únicamente los mismos procesos que un ordenador. El psicólogo tiene que estudiar la mente como especificaciones del diseño de la mente artificial aplicada a modelos psicológicos más sofisticados. El buen psicólogo, siguiendo la tradición, ha de ser un buen ingeniero informático.

Al analizar un sistema inteligente se hacen tres niveles de análisis. Superior-semántico (estrategias del ajedrez), simbólico (algoritmo que las materialice: código de

ajedrez) y físicos (el nivel de implementación: arquitectura mental). A partir de ellos se han ido desarrollando distintas posiciones en la psicología computacional: el procesamiento del ordenador, el simbolismo y el funcionalismo.

A raíz de la metáfora del ordenador, la psicología cognitiva se inspiró en la teoría de la comunicación de Claude Shannon y Warren Weaver. Ambos construyeron un modelo de la comunicación a partir de una fuente que produce un mensaje, codificado y transmitido a través de una señal, para su posterior recepción y decodificación. En este proceso, introdujeron una fuente de ruido contextual, que representa todas las interferencias en la comunicación ordinaria. Pretendían conocer cuál era el resultado de la señal de salida a partir de una señal de entrada perturbada por el ruido. Sus trabajos fueron importantes para la psicología cognitiva porque demostraron que la información era computable. La información, independientemente del sustrato que la transmite (cable, fibra óptica, transmisores biológicos...) está sometida a irremediables fluctuaciones ruidosas. De acuerdo con este modelo la mente se entiende como un canal donde se producen operaciones activas que producen una señal de salida. El Prof. Crespo, ayudado mediante un diagrama de flujo, explicó cómo pueden filtrarse el conjunto de señales de salida para dejar solo las más relevantes.

El modelo de memoria, importante para von Neumann, repercutió destacadamente en psicología. Se distinguen entre una memoria operativa que determina nuestras operaciones y una memoria a largo plazo, que consolida nuestra identidad. La memoria operativa se ha desglosado en partes estructurales de los sistemas en relación y continuo flujo. Se trata de la división recursiva de los sistemas de procesamiento de la información. En todo este análisis llega un momento que se alcanza el punto último. Al final debe existir un funcionamiento neuronal que no es consciente de cuanto realiza. El sistema computacional opera de forma conjunta, produciendo un sentido global, sin que cada parte sepa cuanto ocurre. Es el ejército de idiotas de Dennet.

Otra visión alternativa es el simulacionismo surgido de la inteligencia artificial, que pretende crear sistemas inteligentes. La inteligencia artificial pretende que las máquinas consigan resultados óptimos, sin fallos. En la simulación se pretende reproducir todos los pasos intermedios análogos a los del ser humano. Si el hombre comete errores, la máquina debe equivocarse también.

La última perspectiva que discutió el Prof. Crespo fue el funcionalismo, procedente de la filosofía de la ciencia, especialmente de Dennet. En ella lo importante es lo que funciona, no el software. La mente es una propiedad emergente del cerebro que genera estados mentales. Es la IA fuerte, que contrasta con la débil que tan sólo entiende el ordenador como un mero modelo de actuaciones de la mente humana y no una identidad ontológica-funcional. La inteligencia artificial fuerte defiende que si el ordenador llegara a reproducir la mente humana, entonces desarrollaría estados conscientes como los del hombre. A este respecto, el filósofo John Searle afirma que esta simulación no puede ser perfecta. En su argumentación resulta bien conocida el caso de su habitación china donde un occidental manipula automáticamente caracteres chinos de acuerdo a las instrucciones de un manual. El prisionero sólo ejecuta órdenes preestablecidas sin alcanzar su contenido semántico.

El ordenador puede simular funcionalmente el proceder habitual de la mente humana, pero nunca llegará a ser inteligente pues no es ontológicamente igual que el hombre. Opera como si estuviera en una habitación china de Searle. El ordenador ha permitido recuperar en psicología los modelos cognitivos, frente a los conductistas; pero la metáfora del ordenador tiene una serie de debilidades que pueden hacerla insostenible. Usar un ordenador para explicar la mente nos ha servido para diferenciar aquellos aspectos de la mente que no son computables. El ser humano, además de su proceder computacionalista, opera con intencionalidad y afectos.

Otro problema destacable de la metáfora del ordenador es la serialidad. El Prof. Crespo se pregunta por qué no tratar computación en paralelo. Los maestros de ajedrez no piensan serialmente sino en paralelo. Los modelos conexionistas comparten con los cognitivos que la mente procesa la información, pero no en base a estructuras formadas por unidades simples de computación en serie sino mediante sistemas conexos. La computación en paralelo puede explicar mejor los fenómenos cognitivos. Las neuronas se organizan en redes con diferentes arquitecturas (multicapas, autoasociadas...). Con modificar los pesos de la intensidad de conexión se puede conseguir que el sistema aprenda conductas y procesos como el ser humano. En definitiva, una neurona se activa si la suma de todas las interacciones con las neuronas vecinas asociadas supera un cierto valor umbral.

La base del conocimiento radica en los estados neuronales cuyos estados son descritos por ceros y unos. Una red de cuatro unidades de computación puede distinguir hasta diez rostros distintos, en función de cuatro características: pelo, nariz, ojos y boca. Esta computación se realiza en paralelo y no serialmente. A diferencia del hombre, el ordenador falla con mayor frecuencia en el reconocimiento de figuras parciales. Sin embargo, una red de este tipo puede pasar de un estado de desconocimiento a otro de conocimiento a pesar de los fallos. Incluso con fallos sigue representando adecuadamente la información: mediante mecanismos de adaptación puede recuperar de forma efectiva la información completa para tareas muy concretas.

Para acabar, el Prof. Crespo resume su ponencia subrayando que el procesamiento en paralelo de la computación resulta ser más adecuado para la simulación del cerebro. Si para la psicología del ordenador la mente se corresponde con el software, el programa informático, para la psicología de las redes neurales la mente es una especie de hardware particular. En la mente serial se manipulan símbolos, en la simulación en paralelo se manipulan unidades simples de computación (neuronas artificiales). Para las mentes seriales hace falta una unidad central de procesamiento, para las que actúan en paralelo todas las neuronas actúan al unísono sin necesidad de un órgano rector. Para la mente cerebriforme no hay signos; solo hay encendidos y apagados de unidades. Por último, a diferencia del conocimiento representado con símbolos en la computación serial, la mente cerebriforme usa representaciones sub-simbólicas.

En su papel de *discussant* el Prof. Travieso intenta contestar a la cuestión acerca de la metáfora del ordenador. Así como el ponente principal realizó una exposición del elenco de posiciones psicológicas, el Prof. Travieso elige tomar posición y exponer su opinión al respecto. Se pregunta si es posible estudiar la mente científicamente y si el camino es la computación. A su entender la primera cuestión está clara, la segunda no. Hay disciplinas que afirman que la mente puede ser estudiada, aunque no computacionalmente. Su estudio desde el esquema de funcionamiento del ordenador no

puede ser completo, pues se trata tan sólo de una metáfora. Es sólo un enfoque particular que está íntimamente ligado al ordenador. Persigue, pues, tratar de explicar algo que no entendemos (la conciencia) a partir de una construcción humana (el ordenador).

El Prof. Travieso denuncia que ya no nos preguntamos culturalmente si es posible estudiar la mente como un ordenador –lo que hemos denominado la metáfora del ordenador– sino si la mente es un ordenador. Se pasa de una postura epistemológica a cuestionarse su ontología radical. En su opinión la mente no es un ordenador: las características ontológicas de los sistemas biofísicos que no son digitalizables. Los sistemas biológicos no son sistemas discretizados, expresables mediante ceros y unos; son continuos. Terminó su intervención comparando el modelo de la mente con el de los electrones en un núcleo. Los científicos usan el modelo planetario en la descripción del núcleo como una aproximación metafórica. A su juicio, no hemos avanzado nada en aquellos aspectos que están fuera de la metáfora: emociones, relaciones sociales... Sólo con la metáfora del ordenador no explicamos los estados emocionales porque la mente artificial de partida, el ordenador, no los tiene.

Manuel Béjar
Cátedra de Ciencia, Tecnología y Religión.